ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ПЛОТИНЫ

Першин Е.А., Мейта Р.В., Шамин А.А.
Томский политехнический университет, Институт Кибернетики

Введение

Устройство сбора и передачи данных для диагностики состояния плотины «ВАРЯГ» спроектировано с целью мониторинга опасных ситуаций, которые возникают вследствие разрушения плотин либо возникновения стихийных бедствий.

Плотина — это гидротехническое сооружение, перегораживающее водоток или водоём для подъёма уровня воды. Обрушение плотины может повести за собой такие события, как затопление населенных пунктов. В следствие этого, необходимо следить за состоянием плотины, и, в случае достижения критических значений уровня воды, оповещать центр контроля за платиной, который отправит людей для проверки и исправления проблем [1].

Система диагностики состояния плотин состоит из нескольких основных узлов:

- центр сбора данных, на котором присутствуют специалисты, которые должны реагировать на критические ситуации (например, МЧС);
- автономное устройство (контроллер), которое устанавливается на плотину;
- датчики состояния плотины.

Каждый центр сбора данных может собирать информацию с нескольких контроллеров, которые установлены на одной или разных плотинах.

Зачастую, в районе установки контроллера на плотине нет сетей электропитания, поэтому контроллеры имеют автономные режимы работы с аккумуляторным питанием. Каждый контроллер имеет набор датчиков для анализа состояния плотины. Измеренные данные отправляются в центр с заданной из центра периодичностью.

Рассматриваемое устройство, интеллектуальный контроллер «ВАРЯГ», предназначается для контроля состояния плотины путём измерения уровня воды и мониторинга датчиков состояния плотины.

Контроллер «ВАРЯГ»

Контроллер «ВАРЯГ» предназначен для работы в экстремальных условиях, поэтому он выполняется в унифицированном пластмассовом корпусе со степенью защиты от внешних воздействий IP30. [2]

Контроллер «ВАРЯГ» состоит из нескольких основных компонентов. Структурная схема контроллера приведена на рисунке 1:

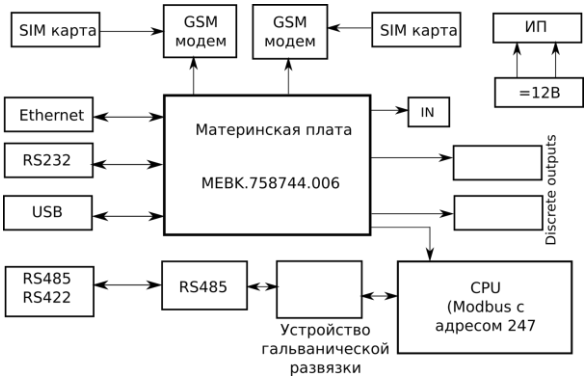

Рис. 1. Структурная схема контроллера «ВАРЯГ»

Плата центрального процессора MEBK.758744.006 выполнена на базе процессора с ядром Cortex-A8 с установленной ОС Linux. Контроллер управления периферией обеспечивает взаимодействие платы центрального процессора с внешними устройствами, подключенными по интерфейсу RS485/RS422.

Источник питания (ИП) преобразует напряжение питания контроллера (от 9 до 14 В) в напряжение, необходимое для работы.

Аккумулятор устройства обеспечивает автономную работу контроллера в течении недели. Потребляемая мощность не превышает 5 Вт, что показывает энергоэффективность разрабатываемого устройства.

Датчики

К конечному устройству возможно подключение нескольких типов датчиков: модуль измерения расстояния с встроенным глубиномером МВ-110, и модуль, определяющий дискретные сигналы DI-100.

Модуль МВ-110 используется в устройстве для определения расстояния от уровня критического подъема воды до текущего уровня воды. [3]

Модуль DI-100 разрабатывался специально для контроллера «ВАРЯГ». Модуль предназначен для ввода четырех дискретных сигналов и передачи информации по интерфейсу RS-485. Данный модуль используется для определения наличия воды в точке установки датчика.

Каждый измерительный модуль помещен в пластмассовый корпус и имеет защитные характеристики как у контроллера. В материнской плате также имеется поддержка двух внутренних дискретных датчиков, использующихся для служебных целей, таких как определения вскрытия контейнера.

Каналы связи

Устройство имеет поддержку нескольких видов каналов связи. Контроллер имеет такие интерфейсы, как RS232, RS485, USB, Ethernet, GPRS. В качестве каналов связи для обмена данными с центром используются только Ethernet и GPRS каналы. Плата имеет один Ethernet 10/100 порт и два GSM/GPRS модема. Каждый GPRS приемопередатчик поддерживает 2 SIM карты в режиме DSSS. С использованием Ethernet порта можно создать до восьми интернет-каналов связи. В сумме можно создать 12 каналов для передач данных между центром и устройством: 8 Ethernet каналов и 4 GPRS канала.

Протокол передачи данных

Modbus – открытый коммуникационный протокол, основанный на архитектуре ведущий-ведомый (master-slave). Может использоваться для передачи данных через последовательные линии связи RS-485, RS-232, и через сети TCP/IP (Modbus TCP). В разрабатываемом устройстве, через протокол Modbus организована связь между всеми компонентами контроллера (аккумулятор, GPRS-модемы) и подключаемыми устройствами (модули MB-110 и DI-100). Все внутренние компоненты, расположенные на плате, имеют один фиксированный адрес Modbus, равный 247. Каждый подключаемый датчик имеет собственный адрес от одного до 246. [4]

Для передачи данных между центром и устройством используются пакеты формата JSON. JSON — это текстовый формат обмена данными, основанный на JavaScript. Данный формат был выбран, потому что имеет ряд достоинств: простота, компактность, гибкость. [5]

Очень важна компактность пакетов, для возможности передачи данных в центр при медленной скорости каналов связи. Это требуется при использовании GPRS-модемов, которые используются в экстремальных окружениях, потому что отсутствует возможность создания Ethernet соединения в таких условиях.

Сформированный JSON пакет содержит всю необходимую информацию о состоянии устройства и датчиков.

Для уменьшения объема передач данных по сети, пакет архивируется с помощью библиотеки zlib. В случае ошибки при передаче сообщения, или отсутствия каналов связи, пакеты помещаются в базу данных и отсылаются в центр при восстановлении соединения.

Адаптивный алгоритм опроса датчиков

Устройство работает в автономном режиме от аккумуляторной батареи. С целью экономии электроэнергии был разработан адаптивный алгоритм опроса датчиков и формирования сообщений.

Разработанный алгоритм основан на двух положениях: во-первых, наибольшее количество энергии потребляется при опросе датчиков и передаче данных по каналам связи и, во-вторых, что скорость изменения уровня воды непостоянна во времени.

Во время различных событий (таких как дожди, пробоины в плотине и др.), уровень воды может изменяться значительно быстрее, чем в нормальных условиях. Идея алгоритма состоит в том, что период опроса датчиков и формирования сообщений не постоянный, а зависит от скорости изменения уровня воды. [6]

Использование адаптивного алгоритма позволяет повысить энергоэффективность устройства и снизить объем данных, передаваемых по каналам связи. Если изменение уровня воды в пределах нормы, тогда опрос датчиков происходит по периоду, указанному центром, что позволяет экономить заряд батареи.

В аналогичных системах используются только заранее заданные периоды опроса датчиков.

Заключение

При сравнении с устройствами аналогичного назначения, контроллер «ВАРЯГ» имеет как преимущества, так и недостатки. К преимуществу данной системы можно отнести то, что контроллер является специализированным устройством для контроля плотины. К недостаткам контроллера можно отнести ограниченность возможностей системы.

Разрабатываемое устройство можно сравнить с американской системой сбора данных CR800, разработанной компанией Campbell Scientific.

Разрабатываемый контроллер имеет преимущества перед американским аналогом в количестве поддерживаемых датчиков (246 против 9) и энергоэффективности, но поддерживает меньше протоколов передачи данных и не имеет встроенного дисплея. Также в контроллере «ВАРЯГ» используется адаптивный алгоритм опроса датчиков, а в аналогичных устройствах такая функция отсутствует.

Список используемых источников

1. Vijay P. Singh, Ram Narayan Yadava, «Water Resources System Operation: Proceedings of the International Conference on Water and Environment», Allied Publishers, 2003, p. 508.

2. Santanu Chattopadhyay, «Embedded System Design 2nd edition», PHI Learning Pvt. Ltd., 2010.

3. Jacob Fraden, «Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications», Springer, New York, 2010.

4. Peter Chipkin, «Modbus For Field Technicians», Chipkin Automation Systems, 2011.

5. Sai Srinivas Sriparasa, «JavaScript and JSON Essentials», Packt Publishing, 2013.

6. Pershin Evgeny, «Adaptive Algorithm of Sensor Polling for Device Used for the Dam Condition's Diagnostics», HTRA, 2015.